



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 90104389.3

[51]Int.Cl⁵

C30B 15/34

[45]授权公告日 1994 年 5 月 18 日

[24]颁证日 94.1.9

[21]申请号 90104389.3

[22]申请日 90.5.23

[30]优先权

[32]89.5.24 [33]US[31]356,558

[73]专利权人 无比太阳能公司

地址 美国马萨诸塞州

[72]发明人 加里·M·弗里德曼

劳伦斯·L·佩列茨

约翰·G·韦里斯

C30B 29/66

C30B 29/06

[74]专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 齐曾度

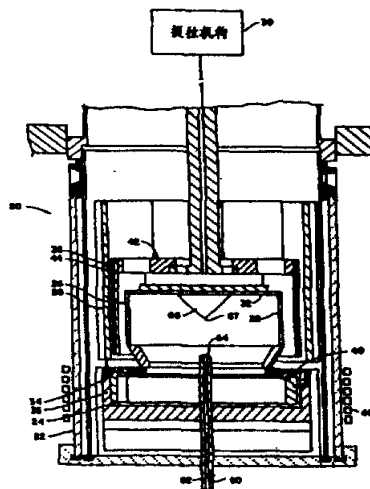
说明书页数:

附图页数:

[54]发明名称 用于连续补给熔料的系统

[57]摘要

一种将固体硅粒连续供给生长空管状结晶体设备的系统, 本系统包括: 贮存固体硅粒的容器, 振动的、气动的或其它装置造成该颗粒通过容器下部开口排出; 收受室与容器相连通, 用来接收自容器发放来的颗粒; 以及为在收受室提供增压液体射流的装置。后者与晶体生长设备的坩埚相连通, 由一管道向上延伸通过坩埚的中心。操作时, 硅粒从容器中被发放出来, 进入收受室, 在此增压液体的射流携带硅粒, 并把硅粒推出收受室, 经管道而进入晶体生长炉, 得落到坩埚盛装的熔硅中。



1

权利要求书

1.一种将固体硅粒送入用来生长空心管状结晶体设备的系统,该设备包括一个盛装硅熔体的坩埚,所说的坩埚有一个底壁,该系统包括:

用于贮存固体硅粒的贮料装置;

管道装置,它连到所说的贮料装置和穿过所说的坩埚的底壁,以提供一条从所说的贮料装置到所说的坩埚的通路,沿着该通路将在所说的贮料装置中贮存的硅粒从所说的贮料装置输送到坩埚;以及给料装置,用以将所说的贮料装置中贮存的固体硅粒发送到所说的管道装置,并向所说的管道装置提供增压气流,以便借助于所说的增压气流使所说的管道装置中的硅粒送入所说的坩埚中。

2.按照权利要求1所说的系统,其特征在于,所说的管道装置包括:

一个用以承受固体硅粒的收受室;

一个第一管道,它将所说贮料装置与所说收受室相连;以及

一个第二管道,它连到所说收受室并穿过所说坩埚的底壁而伸出。

3.按照权利要求2所说的系统,其特征在于,所说的收受室包括一径向向中心变细的底部和一个在所说的底部把所说的收受室与所说给料装置相连通并使所说增压气流在所说收受室底部进入的开口。

4.按照权利要求2所说的系统,其特征在于,所说贮料装置高于所说的收受室,且所说的第一管道从所说的贮料装置向下倾斜伸向所说的收受室。

5.按照权利要求2所说的系统,其特征在于,所说的第二管道具有一个顶端,所说的第二管道的尺寸是这样定的,使所说的第二管道可固定在所说的坩埚上,向上延伸穿过所说的坩埚的内部,使所说的第二管道的顶端位于所说坩埚盛装的熔融硅的表面之上。

6.按照权利要求1至5中任一项所说的系统,其特征在于,所说的给料装置包括用于对所说贮料装置加压的发送装置,利用加压气体促使所说的贮料装置中贮存的固体硅粒进入所说的管道装置中。

7.按照权利要求1至5中任一项所说的系统,其特征在于,所说的给料装置还包括与所说的贮料装置相连的振动装置,用以造成所说的贮料装置的

2

振动,以便引起所说贮料装置中贮存的固体硅粒移进所说的管道装置。

8.按照权利要求1至5中任一项所说的系统,其特征不在于,将所说管道装置在所说坩埚内设计并排布成使所说的通路到所说的坩埚中盛装的熔体表面之上的一选定的位置为止。

9.按照权利要求8所说的系统,其特征在于,所说的系统进一步包括转向装置,用以偏转输送到所选定位置上方的所说地方的硅粒,使所说的硅粒进入所说的熔体,以便将对所说的熔体的热冲击减至最小。

10.按照权利要求1至5中任一项所说的系统,其特征在于,所说的增压的气流是一种惰性气体的气流。

11.按照权利要求1至5中任一项所说的系统,其特征在于,所说的贮料装置包括一个具有底壁和内腔的罐,用于贮存所说的固体硅粒,所说的罐还包括一个将所说内腔同靠近与管道装置相连的所说的底壁的开口,提供由所述内腔至所述坩埚的通路。

12.按照权利要求5所说的系统,其特征在于,包括位于所说第二管道的所说顶端的转向装置,使所述增压气流所载硅粒通过所述第二管道的顶端后发生转向,使所述硅粒基本上均匀地分布在所述坩埚中熔体的表面上。

13.一种应用权利要求1的系统向生长着空心结晶体设备的坩埚中的硅熔体补给硅料的方法,该方法包括下列步骤:

(1) 提供一台生长空心管状结晶体的设备,所说的设备包括一个坩埚和空心管,所说的坩埚具有一盛装硅熔体的内腔,所说的空心管具有一位于所说的坩埚之下的下端,其中部延伸穿过所说的坩埚的内腔,其顶端位于所说的坩埚中盛装的熔硅的顶面之上;

(2) 提供一个权利要求1所述的系统,用来把固体、球状的硅珠补给在所说的坩埚中的熔体;

(3) 将所说的管道装置的一端与所说的空心管的下端相连通;

(4) 将预定直径的固体球状硅珠添加到所说的贮料装置中;

(5) 在所说的管道装置中提供选定压力的增压气流,喷向所说的管道装置的一端;

(6) 将所说硅珠发放进入所说的管道装置;

(7) 在所说增压气流中携带所说硅珠, 并把被所说的气流携带的硅珠运载进入并通过所说的空心管, 而后将所说硅珠从所说的空心管的顶端喷出, 让所说的硅珠落入所说的坩埚盛装的所说熔体中。

14. 按照权利要求 13 所说的方法, 其中所说的步骤 (6) 包括对所说的贮料装置加压, 以迫使在所说的贮料装置中盛装的所说的硅珠进入所说的管道装置中。

15. 按照权利要求 13 或 14 所说的方法, 其中所说的步骤 (7) 包括使所说的从所说的空心管的顶端口喷出的硅珠转向, 使所说的硅珠进入所说的熔体的方式对所说熔体形成的热冲击减到最小。

16. 按照权利要求 13 或 14 所说的方法, 其中所说的按步骤 (4) 加进所说贮料装置的所说硅珠的预定直径为约 $1\text{mm} + / - 0.5\text{mm}$ 。

17. 按照权利要求 13 或 14 所说的方法, 还包括接着所说步骤 (6) 的步骤, 通过所说的管道装置输送从所说的贮料装置发放来的所说硅珠, 使之与所说增压气流相接触。

本发明涉及用于生长空心管状晶体的设备, 尤其涉及用于将固体硅粒在生长过程之前和 / 或之中输送到生长晶体设备的坩埚中的装置。

众所周知, 美国专利 US4, 544, 528 披露的那种用以生长空心管状晶体类型的设备, 包括一坩埚, 用以盛装熔硅, 形成生长晶体的给料。以前, 熔料的补给是分批的, 而不是可避免对系统造成热冲击从而避免灾难性地中止晶体生长过程的连续补给。看来这样的批料补给方式将硅粒添加到熔体中是相当慢、又是低效率的。

为克服与批料补给有关的问题, 改进了一种连续补给熔料的系统。该系统在美国专利 US4, 661, 324 (1987 年 4 月 28 日公开, 署名为 Sink 等) 描述了这种系统 (下称 324 专利)。该 324 专利的系统包括: (1) 一个管道, 它穿过坩埚并收尾于熔炉内侧后加热器内部的拉模顶部之上, 以及 (2) 一个碎屑推进装置, 它连到管道与形状不规则的固体硅粒的一来源。把硅粒供给该碎屑推进装置, 周期性地迫使一预定体积的颗粒通过管道进入

内侧后加热器的内部。然后, 在重力的吸引下, 使这些碎屑落入熔体中。

可惜, 324 专利的这种系统有几个问题。第一, 因系统的碎屑推进装置部分有大量的机械零部件, 以及因该碎屑推进装置总是输送磨料 (即形状不规则的固体硅粒), 碎屑推进装置会出故障。第二, 这些研磨的硅粒会侵蚀或磨出碎屑推进装置金属零部件的细屑, 这些细屑将与硅料一起被送入熔体中。这些金属细屑会沾污熔体。第三, 一预定的形状不规则的硅粒体积的重量从一种颗粒体积变成下一个颗粒体积, 这依赖于碎屑自身相互间的取向如何, 以及因该碎屑推进装置推出一预定的体积 (而非重量) 的颗粒进入熔炉, 所以的确不可能重复地将一预定的重量的碎屑添加到熔炉中去。为把热漂移尽量缩小到所需的水平, 以维持基本连续的晶体生长过程, 当用形状不规则的硅粒作为进给原料时, 总是将预定的重量的颗粒添加到熔体中, 是十分重要的。基于上述指明的理由, 这种碎屑推进装置系统就不可能重复地将这样的一种形状不规则的颗粒以预定的重量供给到熔体中。

本发明的一个目的在于提供一种用于生长中空、管状晶体的设备中, 能将硅熔料高可靠又不致无意中将污染物加到熔体中的连续补给系统。

本发明的另一个目的在于提供一种用在生长中空、管状晶体的设备中, 在一定程度上不致出现对熔体不可接受的很大热冲击或扰动。

为达到这些以及其他目的, 采用一种能将硅熔料连续地补给到晶体熔炉坩埚里的系统, 即美国专利 US4, 544, 528 中 Stormont 等所披露的那种类型的系统。对其改进包括一个穿过坩埚并收尾于熔炉内侧后加热器内部的拉模顶端之上的管道。该系统还包括一个容器, 用以贮存预定直径的球形固体硅粒, 一个与管道及该容器相连的收受室, 以及一个也和收受室连接的高压气体喷射管。一个颗粒发放器, 它有一个振动器, 一个第二高压气体喷管, 或一些其它装置, 用以造成硅粒从容器到收受室的移动。借助于高压气体喷管, 迫使收受室中的硅粒通过管道进入在坩埚正上方的晶体生长炉内侧后加热器的内部。随后, 硅粒在重力吸引下落入坩埚盛装的熔体中。为了偏转发射自管道的硅粒, 使之以基本上均匀的模式分布于熔体表面, 在晶体生长炉中管道上端的正上方最好安装一个转向器, 因而使

坩埚中出现的液流或热冲击将减至最小。

为了更完全理解本发明的特征和目的，将参照附图作如下的详细描述。

图 1 是晶体生长炉的剖面侧视图，为与本发明的硅给料系统一起使用而设计。

图 2 是本发明的硅给料系统的剖面侧视略图。

参看图 1 和 2，本发明指的是系统 18，用以把固体硅球粒连续地的供给美国专利 US4, 544, 528（下称 528 专利）所公开的那种生长空心管形结晶体类型的设备 20 中的坩埚，这儿本专利已加以引证结合。

设备 20 包括炉壳 22，其中配置有坩埚 24，以及内、外侧后加热器 26 和 28。坩埚 24 同心配置于炉壳 22 中，为一低矮、中空、上部开口的正棱柱体或正圆筒体。内后加热器 26 具有一个空心的内侧 30 和一个密封内后加热器顶端的顶板 32。内后加热器 26 的底部有开口，并直接安装在坩埚 24 的上方，因此内后加热器的内侧 30 与该坩埚的内部相连。内后加热器 26 就位于外后加热器 28 的内空心头。

设备 20 还包括一个毛细管拉模 34，一个衬托器 36 以及一个籽晶安装件 38，所有这些都装在炉壳 22 内。最好，毛细管拉模 34 是坩埚 24 侧壁整体的一部分。拉模 34 的端面 40 的形状与尺寸是经选择的，以能控制晶体生长的形状和大小。衬托器 36 为一低矮、中空、上部开口的圆筒或棱柱体，尺寸与坩埚 24 适配。衬托器 36 可以是拉模 / 坩埚部件整体的一部分。籽晶安装件 38 包括一个籽晶夹持器 42 和一个籽晶 44。籽晶安装件 38 连到提拉机构 39 上，以适应于轴向将籽晶夹持器 42 移向或离开拉模 34。

设备 20 还有一个靠近坩埚 24 环绕炉壳 22 的射频加热线圈 46。加热线圈 46 将坩埚里的硅保持在熔融状态。

众所周知，通过装着的籽晶 44 与拉模端面 40 相接触，而后提拉籽晶离开该拉模端面，以便在籽晶与拉模端面间形成一弯液面而生长结晶体。一旦该籽晶被拉离开拉模端面，最密接于籽晶的弯液面部位就固化。如果籽晶逐渐进一步拉离拉模，由于毛细管作用将驱使新的熔硅吸引到拉模端面上，且熔硅又出现于附着在籽晶已硬化为固态硅的弯液面处，结果是形成一个伸长的结晶体。

在更详细描述设备 20 的结构与操作方面，可参看 528 专利。

为达到本发明的目的，经改进了的设备 20 包括一个具有中心腔 62 的管道 60。管道 60 依次通过炉壳 22 衬托器 36 以及坩埚 24 的底壁，如图 1 所示。管道 60 的内径稍大于由本发明的系统 18 供给的最大硅粒的外径（如下文所讨论的）最好，管道 60 由融凝石英制造。管道 60 配置在坩埚 24 的中央而尺寸是这样定的，它的顶端 64 延伸进入内后加热器 26 的内部 30，当坩埚装满时，要稍稍高于坩埚 24 盛装的熔体的顶面。因此，管道 60 提供一条从低于设备 20 的区域向上穿过坩埚 24 的底壁进入内后加热器的内部 30 的通路。一种凸圆锥形的转向器 66 最好固定在顶板 32 的下表面上，正好在管道 60 的顶端 64 上方，使转向器的顶点 67 与中心腔 62 共轴对准。

其他方面，图 1 所示的晶体生长炉与 528 专利所描述的生长炉一样。

硅给料系统 18 包括一贮存固体硅颗粒的空心容器 70。颗粒 72 为球形，其外径最好为 1mm，偏差 $\pm 1/2$ mm。这样一来，各颗粒 72 的重量和体积大致相等。

容器 70 有一个开口 74，位于容器底部，通过开口将颗粒 72 从容器中发放出去，而通过顶部开口端 76 把颗粒 72 送到容器中。如下文所述，为密闭开口端 76，容器 70 可选用一盖子 78（图 2 中为虚线）。

系统 18 进一步包括一个与容器 70 相连的颗粒发放器 80，用以造成贮存于容器内的硅粒 72 经开口 74 排出容器。更为可取的是，颗粒发放器 80 包括一个增压流体源，如氢气，加压于容器 70 的内部，以迫使颗粒 72 从开口 74 处出来。当颗粒发放器 80 由一增压流体源构成时，容器 70 应有盖子 78 或其它设计好的部件，以便容许对容器的内部适当加压。换个办法，颗粒发放器 80 可以包括一个振动器，用以引起容器 70 的振动，使颗粒 72 移向开口 74 处，由于相邻颗粒的吸力和重量的综合作用，颗粒就通过了开口 74。如本领域普通技术人员容易理解的，颗粒发放器 80 还可包含其它引起颗粒 72 经开口 74 排出容器 70 的装置。

系统 18 还包括一个中空收受室 82。后者有一个顶部通孔 84、一个下通孔 86 以及一个侧口

88. 收受室 82 在顶部通孔处与管道 60 固定, 使中心腔 62 与收受室的内部相连通。管道 60 的下端最好向下伸入收受室 82, 如图所示。收受室 82 的位置与容器 70 相对固定, 其侧口 88 的位置要适当低于容器开口 74 一段距离 (下面加以讨论)。更可取的是, 收受室 82 的底部朝下通孔向中心逐渐变细, 以便收受室中存在的硅粒 72 汇集于下通孔 86 处。收受室 82 最好由非金属材料制造, 例如塑料, 该材料不易被硅粒 72 侵蚀或磨损。

系统 18 有一个空心管 90, 其开口 74 被固定到容器 70 上, 其侧口 88 也被固定到收受室 82 上, 以提供一条从容器 70 内部, 经开口 74, 管路 90 及侧口 88 进入收受室 82 内的连续通道。容器 70 高于收受室 82 一段可选定的距离, 使管路 90 向下倾斜一个相当陡的角度, 例如从容器 70 到收受室 82 与水平成 45° 。管路 90 最好由不易受粒子 72 侵蚀的非金属材料制造。

系统 18 还包括进气通道 96, 通向与收受室 82 的下通孔 86 相连的管子 94, 以便与收受室的内部相通, 进气通道 96 连到增压流体源 (未示出), 例如加压下的氢气源。管子 94 导引增压流体的气流向上经下通孔 86 进入收受室 82 内。理想的是根据管子 94 的尺寸在收受室 82 的下通孔 86 的正下方设置一个节流孔 98, 以提高液体射入收受室 82 的速度。

经由通道 96 进入的气体的容积流量率, 节流 98 (若设置的话) 的尺寸, 收受室 82 下通孔 86 与管道 60 的顶端 64 之间的垂直距离, 以及管道 60 的顶端 64 和转向器 66 的顶点 67 间的垂直距是经选择的, 以保证收受室 82 中的颗粒 72 (由上文知道, 各颗粒有着基本一致的已知重量) 被管子 94 所供的气流所携带, 并被驱赶向上通过管道 60, 以足够的力量碰触安置在内后加热器 26 的内部 30 上的转向器 66。当然, 这些参数会随颗粒 72 的重量与直径的变化而改变, 也随参数的一项或多项的变化而改变其它参数。系统 18 在使用的实施例中, 从气源供给的氢气, 其气压约为 20 磅/平方吋, 流过进气管道 96 容积流量率为 5 升/分 STP (即温度为 0°C 及大气压为 760mmHg), 节流孔 98 内径为 0.031 吋, 管道 60 的顶端 64 至收受室 82 的下通孔 86 的垂直距离约为 17 吋, 以及顶端 64 安装在转向器 66 的顶点 67 下约 1.73 吋,

作为原料使用的球形硅粒的外径为 $1\text{mm} + / - 1/2\text{mm}$ 。

关于本发明熔料补给系统 18 的使用, 通过容器 70 顶部的开口 76, 将大量球形固体硅粒 72, 最好外径约 $1 + / - 1/2\text{mm}$ 的硅粒放入容器 70。然后, 使增压液体的气流, 如氢气流过进气通道 96 和管子 94, 向上通过下通孔 86 进入收受室 82。其时由于颗粒发放器 80 起作用, 使硅粒 72 从容器 70 经它的开口 74 被发送出去。当颗粒发放器 80 包括增压流体源时, 应在该颗粒发放器起作用前, 将盖板 78 固定到容器 70 上。通过开口 74 发送的颗粒 72 进入管路 90 并向下滑行, 在重力吸引下, 通过管路与侧口 88 进入收受室 82。

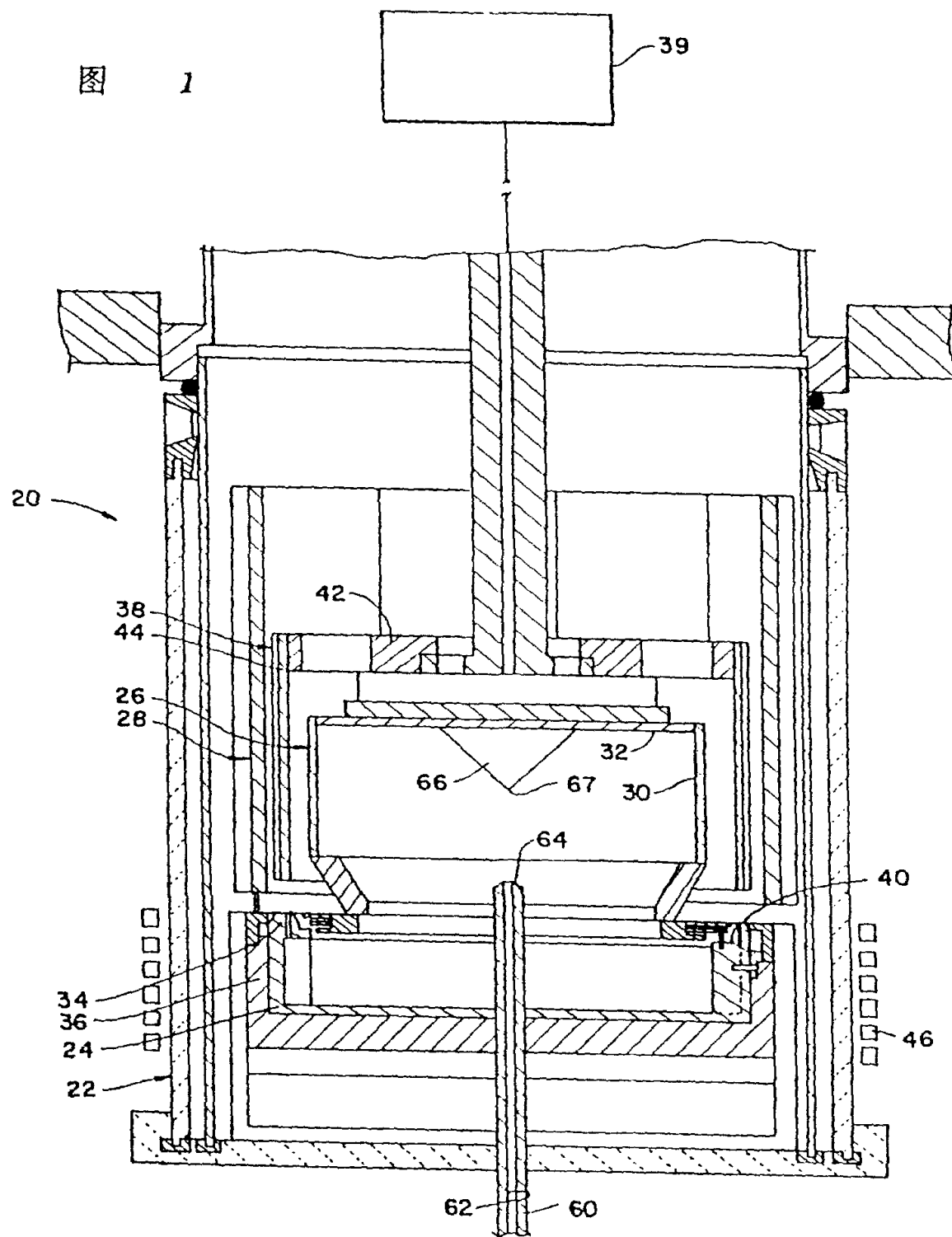
颗粒 72 一进入收受室 82, 就沿着收受室 82 下部的向中心变细的器壁朝下滑向下通孔 86。一旦颗粒 72 接近下通孔 86, 就会被带由管子 94 进来的增压液体的气流中, 从而该气流携带着颗粒向上进入并穿过管道 60 的中心腔 62, 再由管道的顶端 64 穿出。于是, 颗粒 72 在内后加热器 26 之中继续向上行进直至接触弹离转向器 66 (若设置转向器的话), 再落入熔体中。转向器 66 使颗粒 72 均匀散布, 基本上遍布整个熔体表面而进入熔体。因此, 可将在熔体中能造成对流与热冲击的局部冷却区, 灾难性地中断晶体生长过程的现象减至最小程度。若不设置转向器 46, 颗粒 72 仅仅弹离平板 32 的底面就落入熔体中。在某种情况下, 不用转向器 66 也能取得满意的结果。

虽然意在熔料补给系统 18 要用球形硅粒来工作, 但本系统也能用有特殊轮廓特点的不规则形状的硅粒来工作。特别是, 参数 L/D 约从 1~1.2 范围的硅粒, 常可满意的用在本系统 18 中。参数 L/D 是指沿硅粒的长轴测量其长度, 除以垂直于长轴伸延的轴测得的颗粒直径。很清楚, 对球形颗粒来说, 参数 L/D 等于 1, 然而细长的颗粒, 该参数 L/D 可能等于 5 或更大。

本发明熔料补给系统的重要优点在于, 利用与本系统相结合的晶体生长设备能生长相当长的结晶体, 是因结晶体生长的长度不受晶体生长设备的坩埚中所装熔硅多少的限制之缘故。与此关连, 本熔料补给系统还因能对熔体形成热冲击为最小的方式向熔体添加硅粒, 便于生长很长的结晶体。如所周知, 造成灾难性的晶体生长过程中断的那样幅度的

热冲击的几率会随生长晶体长度而增大。出于成本和制造效率来考虑，生长比较长的结晶体是所希望的。

鉴于，在不脱离本发明包含的范围内，可对上述设备和方法作出某些改变，这意味着，上述的说明或附图所示包含的所有技术主题只是为了作出直观阐述，而不是一种限制。



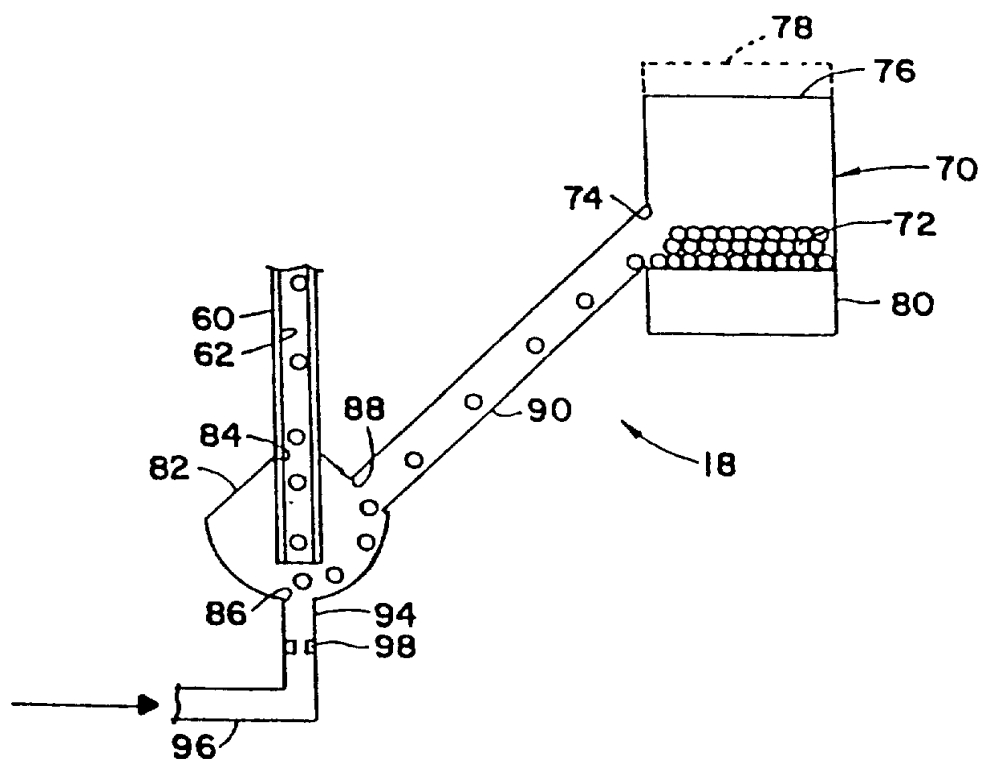


图 2